

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД РОДНИКОВ В БАСЕЙНЕ Р. ХЕМЧИК (ЗАПАДНАЯ ТУВА)

З.Р. Акбашева

Научный руководитель доцент Н.В. Гусева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г Томск, Россия

Природные условия и геологическое строение Тувы определяют формирование подземных вод разнообразного химического состава. В традициях тувинского народа сохранилось по сути одухотворенное отношение к воде и её целебным свойствам, издревле использующих воду для оздоровления и лечения. В этой связи почти все родники подземных вод имеют название и им приписываются те или иные целебные свойства. Начало их изучения связано с именами И.С. Крыжина (1858), С.В. Обручева (1945), В.Г. Ткачук (1955) и основные подробные сведения о составе вод родников Тувы получены в 1966-67 гг при составлении карты Минеральных вод Сибири сотрудниками Института земной коры СО РАН СССР [2,3], результаты исследований которых до настоящего времени остаются весьма востребованными. Новые аналитические возможности в изучении вещественного состава вод создали необходимость современного изучения вод родников, механизма формирования их состава и бальнеологических свойств. В этой связи были инициированы гидрогеохимические исследования родников Тувы [3]. По изучению их состава и оценки их использования для лечебных целей. В основу этой публикации положены материалы опробования родников в бассейне р. Хемчик, выполненных в период с 2007 г по 2017 годы проблемной научно-исследовательской лабораторией гидрогеохимии ТПУ с участием тувинских ученых и под руководством инициатора изучения опыта и традиций аржаанного лечения населения Тувы директора НИИ медико-социальных проблем и управления Республики Тыва К.Д. Аракчаа [1]. В бассейне р.Хемчик было изучено 38 выходов подземных вод, некоторые из которых опробовались неоднократно сезонно и в разные годы (Рис 1.). Химический состав вод изучался в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии ТПУ.

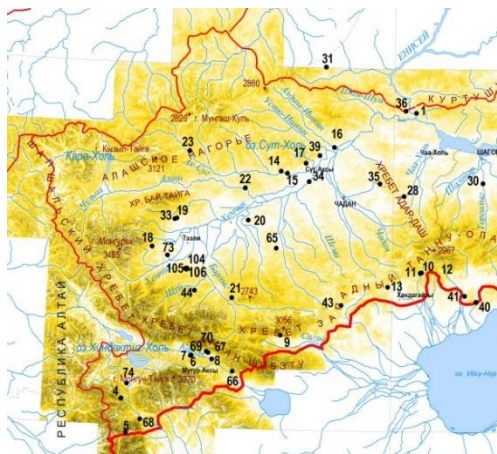


Рис 1. Схема гидрогеохимического опробования в бассейне р. Хемчик (Западная Тува) (составлена О.Д. Аюновой, 2016).

Цифры на карте – номера точек опробования водопунктов

Западная часть Тувы принадлежит к бассейну р. Улуг-Хем (Верхнего. Енисея) и его крупнейшего левого притока Хемчика. Западная Тува включает обширную Тувинскую котловину и окружающие ее хребты (Западный Саян, Шапшальский, Цаган-Шибэту, Западный и Восточный Танну-Ола). Различная степень расчлененности рельефа, хорошо выраженная вертикальная зональность в смене растительности, ландшафтов, климатических условий, неравномерная экзогенная трещиноватость, большое количество тектонических нарушений обуславливают весьма неравномерную обводненность пород, пестрый химический состав и различную минерализацию подземных вод. По особенностям формирования химического состава преобладают воды зоны выщелачивания, а в степных ландшафтах формируются воды зоны континентального засоления. Характерным примером вод зоны континентального засоления, разгружающихся среди отложений нижнедевонских отложений Тувинского прогиба, является родник 30 - Торголык северный (Кызыл Дурут), имеющий слабощелочные воды с pH 7,8 сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый состав с минерализацией 354 мг/л и отношением  $SO_4/Cl=0,85$ , близким единице, что свойственно таким водам. Воды выщелачивания характеризуются весьма разнообразным химическим составом. При этом наиболее распространенными водами в бассейне р. Хемчик являются гидрокарбонатные в большинстве своем кальциевые воды при изменении pH от 6,1 до 9,2 и минерализации от 43 до 520 мг/л. Своеобразными по формированию и составу являются сульфатные и хлоридные воды, характеристика которых приводится ниже (Таблица 1).

**Гидрокарбонатные воды.** Подземные воды родников группы 18-Шивилиг (Бай-Тальские радоновые источники) являются нейтральными и слабощелочными ультрапресными с минерализацией от 43 до 83 мг/л, гидрокарбонатными с присутствием фтора от 15 до 19 %-экв натриево-кальциевыми с высоким содержанием кремния, среднее арифметическое значение которого составляет 10,55 мг/л. Общая активность радона в этих источниках, определенная на приборе PPA-01M-03 К.Д.Аракчаа в 2012 г, составляет от 324 (источник 3) до 1390 Бк/л (источник 1) при бальнеологической норме 50 эман или 185 Бк/л. В Сут-Хольской группе радоновых вод, разгружающихся в нижней части бассейнов рек Устуу Ишкин и Алдыын Ишкин – левых притоков реки Хемчик, подземные воды нейтральные и слабо щелочные гидрокарбонатные натриево-кальциевые, иногда

## СЕКЦИЯ 6. ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

магниево-кальциевые, с минерализацией от 139 до 255 мг/л и концентрациями фтора от 0,45 до 2 мг/л, что составляет до 2-5%-экв. Концентрация радона в водах 17-Сут Хольского родника составляет 378 Бк/л при гамма-активности вмещающих пород 35 мР/час. Отличительными особенностями состава вод родника 31- Б Уры являются щелочные условия с pH 9,75-9,8, высокие концентрации кремния до 27 мг/л, преобладающие концентрации натрия до 86 мг/л при малой минерализации вод до 255 мг/л и хлоридно-сульфатно -гидрокарбонатно-карбонатный натриевый состав с присутствием фтора до 1%-экв. и содержанием карбонат –иона 36 мг/л (31%-экв). **Сульфатные воды**, В роднике 36- Ажыг-Сут (в переводе с тувинского языка – «кислая вода») в условиях окислительной среды с Eh от 310-430 мВ разгружаются кислые с pH 2,97-3,9 воды сульфатные кальциево-магнєвєе с содержанием фтора от 15,6 до 17,6 мг/л (до 1%-экв) умеренносолоноватые с минерализацией 4679 мг/л с содержанием свободной углекислоты от 600 до 800 мг/л за счет окисления сульфидов и высоких содержаний халькофильных, сидерофильных и редкоземельных элементов.

**Таблица**

**Геохимическое разнообразие химических типов вод в бассейне р Хемчик (Западная Тува), мг/л**

№ на карте	pH	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Si	Минерализация
<b>Гидрокарбонатные воды</b>											
18.5	6,52	40	2,1	0,8	3,02	9,6	1,4	6,6	0,7		61
17	7,05	98	2,4	3,5	1,81	19	6,1	9,5	0,6	8,6	139
31.1	9,8	60	43,0	26,6	0,69	2,2	<1	86	1,2	27,1	255
30	7,8	177	30,14	35,5		46,0	7,9	31,8	0,9	4,2	354
35	8,25	259	16,8	1,4	0,27	45,2	20,7	14,9	1,1	8,2	363
<b>Сульфатные воды</b>											
36	3,56*	6	3605	9,6	17,6	400	604	90,7	1,7	30,6	4679*
1	7,24	589	499	20,4	0,24	95	163	66	4,7	3,5	1437
28-29	7,7	331	61,6	5,99		48	42,7	25,0	1,6	6,7	516
<b>Хлоридные воды</b>											
44.4	7,7	68	20	358	4,5	16	1,2	244	5,3	9,9	713
44.5	7,66	109	82	2309	6,22	50	2,5	1504	29,2	9,1	4096

Примечание: \*) среднее арифметическое значение

В группе родников 28- Кара Сут, разгружаются слабощелочные сульфатно-гидрокарбонатные магниево-кальциевые воды с минерализацией 515 мг/л и содержанием кремния 7,2-8,1мг/л. Характерной особенностью состава вод является повышенные концентрации сульфат-иона (до 65 мг/л) и высокие значения отношения SO<sub>4</sub>/Cl=10, что может расцениваться как проявление в водах зон сульфидной минерализации. В водах в повышенных концентрациях обнаружены титан, ванадий, хром, никель, иттрий, олово, сурьма, барий, золото, редкоземельные элементы, ртуть и уран. Воды родника 1-Утутг Дурт, расположенного в устье р.Хемчик, – нейтральные гидрокарбонатно-сульфатного кальциево-магниевого состава весьма слабосолоноватые с минерализацией до 1437 мг/л и высоким содержанием сульфатов (до 499 мг/л) с присутствием хлора до 22 мг/л. Воды содержат оригинальный микрокомпонентный состав: литий, никель, мышьяк селен, иттрий, стронций (до 9мг/л), родий, сурьма, барий, рений, уран (до 0,04мг/л). Следует отметить, что предельно допустимые концентрации урана для питьевых вод, согласно нормативов ВОЗ, составляют 0,002 мг/л.

**Хлоридные воды**, Группа родников 44-Дустуг Хем (соленая вода) характеризуется широким размахом значений pH вод от слабокислых с pH 6.4 до щелочных с pH 7,6 – 8,3 и минерализации. Здесь формируются пресные умеренно солоноватые хлоридные натриевые воды с минерализацией от 540 мг/л до 4359 мг/л. В анионном составе родников преобладает хлор-ион от 249-358 мг/л в пресных водах с минерализацией 540-713 мг/л и от 2010 до 2309 мг/л в водах с минерализацией 3547- 4096 мг/л. Общая активность радона составляет от 242 до 372 Бк/л при значениях гамма-излучения от 33 до 44 мкР/час.

Геохимическое разнообразие химического состава подземных вод на достаточно ограниченном пространстве в бассейне р. Хемчик представляет особый интерес для признания памятниками природы родников подземных вод и создание заповедников. В настоящее время в бассейне Хемчик существуют заказники на левом борту долины –СутХольский, а по правому – Чаа-Хольский, Шеминский и Аянгатинский, выделенные в верховьях одноименных рек. Вместе с тем благоприятные условия для развития оздоровительного туризма существуют на территории природных аржаанных комплексов Шивилиг (Бай Тальский), ДустугХем (Шуйский) и Ажыг Сут, образование которых позволит использовать разнообразный химический состав вод в бассейне Хемчик для создания заповедных мест отдыха и сохранения их как памятников природы.

Выражаем глубокую благодарность к.х.н К.Д. Аракчаа, к.г.-м.н. О.Д. Аюновой, к.г.-м.н. Ю.Г. Копыловой и г.г.-м.н. А.А. Хвашевской за участие в проведении совместных исследований и научные консультации.

### Литература

1. Аракчаа К.Д. Стратегия развития санаторно-курортного комплекса и лечебно-оздоровительного туризма в Республике Тыва на период до 2030 г// Курортная база и природные лечебно-оздоровительные местности, Тувы и сопредельных регионов: опыт и перспективы использования в целях профилактики заболеваний, лечения и реабилитации больных. Материалы III Международной научно-практической конференции. Республика Тыва, г. Кызыл, ГК «Буян-Бадырғы», 28 июня – 1 июля 2017 г. С.15–28.

2. Копылова Ю.Г., Пашагин А.В., Гусева Н.В., Хвощевская А.А. Новые сведения о составе радоновых и углекислых вод родников республики Тува // Подземные воды востока России: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России (XIX Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока), 22-25 июня 2009 г.- Тюмень: Тюменский дом печати, 2009. – С.248–250.
3. Пиннекер Е.В. Минеральные воды Тувы. – Кызыл: Тув. книжн. изд., 1968. – С. 39–43.
4. Пиннекер Е.В., Кустов Ю.И., Крутикова А.И. Закономерности распространения и состав подземных минеральных вод Тувы // Геология и геофизика, – 1971, – №11. – С. 68–78.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГНОЗА РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ КРАСНОДАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**А.А. Андриенко**

Научный руководитель доцент Т.В. Любимова

*Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия*

Прогнозы режима подземных вод имеют большое значение при решении вопросов планирования, проектирования и эксплуатации различных инженерных сооружений и мелиоративных систем. Необходимость изучения подземных вод территории г. Краснодара диктуется наличием в непосредственной близости от него Краснодарского водохранилища, а развитие процессов подтопления является одним из главных негативных последствий строительства водохранилища.

Как известно, инженерно-геологическое моделирование заключается в создании моделей, позволяющих надежно прогнозировать динамику взаимодействия геологической среды с техногенной системой или ее компонентами [1]. Из всех компонентов инженерно-геологических условий, в работе рассматривается гидрогеологический показатель. В качестве объекта исследования выступают грунтовые воды в зоне влияния Краснодарского водохранилища (среднее течение р. Кубань выше г. Краснодара в зоне перспективной застройки). Предметная область сводилась к изучению характера изменений уровня грунтовых вод. Цель – прогнозирование изменений гидрогеологических параметров в зоне влияния Краснодарского водохранилища – достигалась путем расчета возможных среднегодовых колебаний подземных вод на несколько лет вперед.

В представленной работе использован сверхдолгосрочный прогноз, который заключается в том, что при большой заблаговременности прогнозы режима могут достоверно характеризовать лишь общую направленность возможных изменений в режиме подземных вод. Такие сверх- или ультрадолгосрочные прогнозы имеют практическое значение при составлении планов и генеральных схем освоения территорий, использования их водных ресурсов или борьбы с грунтовыми водами. Заблаговременность сверхдолгосрочных перспективных прогнозов может достигать двух–трех десятилетий. Оправдываемость является весьма приближенной (55%). Прогноз осуществляется с целью перспективного прогнозирования наступления лет с высоким или низким уровнями для планирования водохозяйственных мероприятий [2].

В основу работы положены данные по 11-летнему мониторингу состояния грунтовых вод ФГБУ «Краснодарское водохранилище» [3], обработанные автором при помощи вариационно-статистических методов, т.к. в соотношениях воздействия различных факторов на режим грунтовых вод существенную роль играет элемент случайности.

Марковские процессы имеют широкое применение в различных научных областях. Математическая модель прогноза уровня подземных вод как марковского процесса предполагает, что значение каждого последующего уровня зависит только от одного его предыдущего значения [2].

Прогноз выдается в вероятностной форме:

$$h_{n+1} = h_n \pm \sigma_m, \quad (1)$$

где  $h_{n+1}$  – уровень подземных вод последующего года;

$h_n$  – уровень подземных вод текущего года;

$\sigma_m$  – среднеквадратичное отклонение ряда последующих уровней от предыдущих, определяемое по формуле:

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (h_{n+1} - h_i)^2}{n-1}}. \quad (2)$$

Прогноз уровней как марковского процесса может составляться и на ряд лет вперед по уравнению:

$$H_t = \pm \Delta H_0 R'_{t=1} + \overline{H}_n, \quad (3)$$

где  $H_t$  – среднегодовой прогнозный уровень через интервал времени в  $t$  лет;

$\Delta H_0$  – отклонение последнего года фактических наблюдений от среднееголетней нормы уровня  $\overline{H}_n$ ;

$R_{t=1}$  – коэффициент автокорреляции уровней для лет, разделенных интервалом времени в один год.

Следует отметить, что такое моделирование прогноза во всех случаях показывает лишь постепенное приближение уровней к их норме, что с вариативной точки зрения является действительно наиболее возможным, хотя и далеко не всегда наблюдающимся на практике [2].

Для удобства 30 наблюдательных скважин Краснодарского водохранилища были разделены по районам земляной плотины (8 скважин), водосбросного сооружения (6 скважин), судоходного шлюза (6 скважин) и правобережной дренажной завесы (10 скважин) [3]. В результате вычислений были получены модели прогнозных